

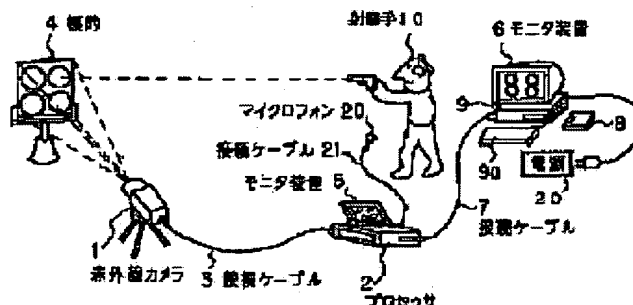
**BULLET TRACE DETECTOR, AND SHOOTING AUTOMATIC SCORING DEVICE**

**Patent number:** JP11108596  
**Publication date:** 1999-04-23  
**Inventor:** HIGAKI ATSUO; KATO HISAKAZU; FUJIMOTO HIROSHI  
**Applicant:** NIPPON AVIONICS CO LTD;; HITACHI TECHNO ENG  
**Classification:**  
- **international:** F41J5/08  
- **europaean:**  
**Application number:** JP19970287694 19971003  
**Priority number(s):** JP19970287694 19971003

Report a data error here

**Abstract of JP11108596**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a bullet trace detector in which even when a plurality of bullets penetrate in close vicinity to each other or in an overlapped manner, their bullet traces being discriminated each other and being rapidly detected. **SOLUTION:** Upon a bullet penetrating a target temperature of a bullet penetration part in the target is slightly raised irrespective of the material quality of the target owing to heat of the bullet and frictional heat produced between the bullet and the target. The target 4 is photographed with an infrared camera 1, and a signal of a heat picture image of the target 4 is fed to a processor 2. The processor 2 recognizes presence of temperature rise from a difference between temperature of each picture element of the heat picture image and the average of temperatures of all picture elements of a one frame fraction of the heat picture image, and detects picture images where the temperature rise exceeds a threshold, and further recognizes a circular region formed with an assembly of the picture images and judges the center of gravity of the circular region as a center point of the bullet (hit point).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-108596

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 4 1 J 5/08

識別記号

F I

F 4 1 J 5/08

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-287694

(22) 出願日 平成9年(1997)10月3日

(71) 出願人 00022/836

日本アビオニクス株式会社  
東京都港区西新橋三丁目20番1号

(71) 出願人 000233077

日立テクノエンジニアリング株式会社  
東京都足立区中川四丁目13番17号

(72) 発明者 桧垣 篤夫

東京都足立区中川四丁目13番17号 日立テ  
クノエンジニアリング株式会社内

(72) 発明者 加藤 久和

東京都港区西新橋三丁目20番1号 日本ア  
ビオニクス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 尾関 伸介

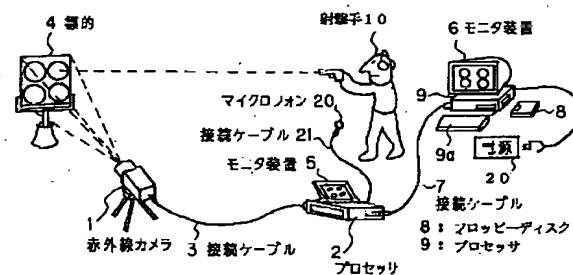
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾痕検出装置および射撃自動採点装置

(57) 【要約】

【課題】複数の弾丸が近接して又は重なって標的を貫通しても、それらの弾痕を互いに区別して、しかも迅速に検出できる弾痕検出装置の提供。

【解決手段】弾丸が標的を貫通する際に、弾丸の熱と、弾丸と標的との間で発生する摩擦熱とにより、標的における弾丸貫通部の温度は標的の材質いかに拘らず僅かに上昇する。標的4を赤外線カメラ1で撮像し、標的4の熱画像の信号をプロセッサ2へ送る。プロセッサ2は、その熱画像信号の各画素の温度と該熱画像1フレーム分の全画素の温度の平均値との差から、温度上昇があり、しかも温度上昇値が閾値を越えた画素を検出し、それら画素の集まりで形成される円形領域を認識し、その円形領域の重心を弾痕の中心点(命中点)とする。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】拳銃、ライフル銃等の小火器の射撃訓練のための標的を撮像し、該標的の熱画像の信号を生成する赤外線カメラと、該熱画像信号を処理し、該熱画像における所定時間内の温度の上昇が所定の閾値以上である領域の内側を弾痕として検出する信号処理装置とを備える弾痕検出装置。

【請求項2】前記標的の少なくとも3箇所に設けられた赤外線反射シール又は点熱源でなる基準点部材と、前記標的に描かれた標的図形を予め記憶しておく記憶手段とを備え、

前記信号処理装置は、前記熱画像における前記弾痕の位置に弾痕を表す符号を生成するとともに、前記熱画像における前記基準点部材の位置に基づき前記記憶手段から読み出した前記標的図形を修正し、前記赤外線カメラから見た該標的図形を修正標的図形として生成し、該修正標的図形に前記符号を重ねた弾痕表示画像を生成することを特徴とする請求項1に記載の弾痕検出装置。

【請求項3】前記標的に弾丸が命中したことを前記熱画像における温度上昇が示す時を弾丸命中時とし、また前記小火器から弾丸が発射されたことを示す発射信号の受信から推定される弾丸命中時を推定弾丸命中時とするとき、

前記信号処理装置は、前記弾丸命中時または推定弾丸命中時の前記熱画像から検出した弾痕の位置の符号を記憶する手段を有し、前記弾丸命中時または推定弾丸命中時から一定の期間には該弾痕位置記憶手段に記憶した前記符号を前記修正標的図形に重ねて前記弾痕表示画像として生成することを特徴とする請求項2に記載の弾痕検出装置。

【請求項4】前記小火器における弾丸の発射により該小火器に生ずる衝撃波を検出する衝撃センサーと、該衝撃センサーの出力を電波で送信する送信機と、該電波を受信する受信機と、該受信機の出力を前記発射信号として前記信号処理装置へ導く信号伝送路とを備えることを特徴とする請求項3に記載の弾痕検出装置。

【請求項5】請求項2乃至4に記載の弾痕検出装置と、この弾痕検出装置で生成される弾痕表示画像を表示する表示装置とを備え、

前記弾痕検出装置における前記信号処理装置は、前記修正標的図形と前記弾痕位置とから各弾痕毎に射撃点を計算し、一連の射撃でなる射撃訓練メニューにおける前記射撃点の累計から該射撃訓練メニューの射撃成績を算出し、前記弾痕表示画像に該射撃成績を重ねて前記表示装置に供給し、

前記表示装置は前記射撃成績の重ねられた前記弾痕表示画像を表示することを特徴とする射撃自動採点装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、小火器の射撃訓練

において射撃された標的の弾痕（標的面の弾丸通過痕跡）を検出する装置及びその弾痕の位置から射撃の成績を評価する装置に関し、詳しくは拳銃、エアピストル、ライフル、エアライフル等の小火器の射撃手が弾丸を発射する度に弾痕を直ちに検出し、その弾痕の位置を印した標的の画像を射撃手に示し、さらに射撃成績を自動的に生成する装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】拳銃、エアピストル、ライフル、エアライフル等の小火器の射撃能力を向上するための射撃訓練では、小火器で射撃した標的の弾痕を自動的に検出し、標的における該弾痕の位置と数とから射撃の成績を採点する射撃自動採点装置が用いられている。射撃訓練では、射撃をしながら弾痕を視認し、照準と弾痕との差（距離）および照準からの弾痕のずれ方向を弾丸発射の度に確認し、射撃をしながら照準の癖を修正することが望ましい。標的図形は同心円であることが多いが、同心円の標的図形を射撃するときの照準は同心円の中心にある。この場合、照準と弾痕との差及び照準からの弾痕のずれ方向は、弾痕位置の符号を標的画像に重ねてディスプレイに表示すれば、射撃手には一見して認識できる。そこで、射撃自動採点装置では、射撃手の視認範囲にディスプレイを置き、自動的に検出した弾痕を弾丸発射後直ちにそのディスプレイに表示するようにしている。

【0003】射撃自動採点装置としては、従来から各種のものが知られ、民間の競技用射撃場や公的射撃訓練機関で採用されている。これ等の射撃場で採用されている自動採点装置では次のような方式で自動的に弾痕を検出している。

【0004】第1の弾痕検出方式は衝撃センサ方式である。衝撃センサ方式では、標的に組み込まれ又は標的を囲むように標的の外縁に配置された複数の衝撃センサで、標的に弾が当たった時に標的に生じる衝撃波を検知し、それぞれの衝撃センサが検知した衝撃波の時間差を演算して、その時間差から標的における弾丸通過位置を決める。

【0005】第2の弾痕検出方式は画像処理方式である。画像処理方式では、CCDカメラで標的を撮像し、標的の光学画像を生成し、該光学画像を画像処理プロセッサで処理し、標的における弾痕の位置を決める。

【0006】第3の弾痕検出方式は電気方式である。電気方式では、導電性の特殊材質で標的を形成し、弾丸がその標的を通過した時に通電信号が生じるように電気回路を構成し、その通電信号に基づき標的における弾丸通過位置を検出する。

【0007】その他に、小火器に関するものではないが、鋼板を標的として戦車砲で射撃したときの射撃評価をする装置が特許公報第2505363号に記載されている。この公知文献では、砲弾が鋼板に侵徹する際に鋼板の侵徹部の温度が1000度以上の高温になることに

着目し、その高温状態を赤外線検出器で検出しようとした実験の結果が示されている。この実験によれば、射撃時の砲口火焰が赤外線検出器の視野に入り、射撃直後には命中位置を検出できず、また砲弾が鋼板を侵徹した時には侵徹部の金属が燃焼するが、その燃焼範囲は短時間に周辺部分に広がるので、命中位置を正確に判断することはできないとしている。このように、特許公報第2505363号では、戦車砲弾の命中位置を赤外線検出器で検出することを実験で検証したが、実用に供し得る程度には命中位置を検出できないと結論づけている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述の衝撃センサ方式では、衝撃波を検知するためのセンサを標的本体または標的の外縁に設置せねばならない。また、採点の精度を確保するためには、複数のセンサを然るべき位置に高い精度で取付けねばならない。さらに、弾丸が標的の表面に対し斜めに入った場合、実用上必要な程度の検出位置の精度を得ることは困難である。その上、複数の衝撃センサで衝撃波を検知し、各センサの検知時刻の差から弾痕位置を算出するから、複数の衝撃センサの感度が不均一であると、検出位置の精度が低下するので、衝撃センサの選択において経費が嵩む。また、標的の材質に均一性を欠く部分があると衝撃波の伝搬速度が不均一となり、弾痕の位置検出精度が低下する。画像処理方式では、標的の光学画像における弾痕領域と弾痕のない領域との画素の輝度の相違および弾痕領域のパターンの定形性から弾痕領域を検出する。標的には標的図形（通常は複数の同心円）が印刷されており、標的図形の輝度と弾痕の輝度との相違が小さいし、標的には既に先の射撃で形成された弾痕や何らかの傷が付いていること多いので、弾痕検出のための画像処理ではパターン認識技術を適用している。ところが、パターン認識には複雑な信号処理を要する。そこで、画像処理方式による弾痕検出では、弾丸発射から弾痕検出及び弾痕の表示までの時間は射撃手が心理的に待ち遠しさを感じる程度の長さになる。即ち、この弾痕検出時間の長さは、射撃訓練の進行において射撃手に違和感を感じさせる。そのうえ、画像処理方式では、CCDカメラで撮像した標的の画像が標的の明るさに応じて影響を受け、その明るさが射撃成績の採点精度に微妙に影響を与えるので、標的の照明のために照度と安定度の高い照明装置が必要である。屋外で射撃するときは、天候や日照の変化が標的の明るさに大きく影響するから、画像処理方式では採点の安定性が屋内におけるよりも低下する。

【0009】さらに、画像処理方式では、連続して同一の標的を射撃したときに、標的上の同一位置に弾丸が当たると、二発目及びそれ以降の弾痕は検出できない。同一位置の弾痕は常にただ1つの弾丸のみの通過跡と見做してしまうというこの欠点は、画像処理方式では原理的に解決できず、画像処理方式にとって避けることのできな

い弱点である。また、画像処理方式では、標的に多数の弾痕があると、新たな弾痕と既にある弾痕との区別が困難になるから、連続し繰り返して同じ標的を射撃することできず、標的の寿命が短い。

【0010】前述の電気方式では、標的の材質が導電性の特定のものであり、標的が高価である。さらに電気方式では、自動採点を可能にする弾痕数の上限値が比較的小さいので、標的の寿命が短い。

【0011】そこで、本発明の目的は、弾痕位置の検出精度が高く、弾丸の発射から弾痕の検出までの時間が短く、複数の弾丸が標的の同一位置に命中したときも互いに別の弾痕として検出でき、多数の弾痕が既に形成されている標的に新たに弾丸が撃ち込まれたときには、既存の弾痕とは区別して新たな弾痕として検出することにより標的の寿命を延長できる弾痕検出装置および射撃自動採点装置の提供にある。

【0012】

【課題を解決するための手段】小火器用の標的は紙などでなり、小火器の弾丸が命中するとその弾丸は標的を貫通する。このような標的を弾丸が貫通する際、弾丸と標的との間で発生する摩擦熱および弾丸自体の熱により、標的における弾丸貫通部の温度は標的の材質いかに拘らず僅かに上昇する。赤外線カメラがその標的を撮像し、標的の熱画像信号を生成し、出力する。信号処理装置は、その熱画像信号を受け、標的において温度上昇のあった領域を感知し、その温度上昇のあった領域を弾丸貫通領域、すなわち弾痕と認定し、弾痕の位置データを生成する。かくして、弾痕が検出される。

【0013】信号処理装置は、弾痕の位置データから、射撃の成績を評価し、評価点を算出する。そして、信号処理装置は弾痕の位置に弾痕の符号を生成する。標的には赤外線反射シールなどの基準点部材を予め貼付しておく。また、標的図形を記憶手段に予め記憶しておく。赤外線カメラで撮像した標的の熱画像から基準点部材の熱画像を抽出し、記憶手段から読み出した標的図形をその基準点に基づき修正することにより、赤外線カメラから見た標的図形を生成する。赤外線カメラから見た標的図形を修正標的図形と称する。修正標的図形にその弾痕位置符号を重ねた画像を生成し、その弾痕表示画像として表示装置へ出力する。

【0014】射撃されないときには、標的の全域は環境温度に安定化している。この標的が射撃されると、弾痕領域だけで急激に温度が上昇する。小火器用の標的は紙などの薄い材料でなり、熱容量が小さいから、その温度は極く短時間に環境温度に戻る。このような小火器用の射撃標的の性質があるから、赤外線カメラで得られる熱画像で温度上昇領域を抽出するには、標的の熱画像における温度変化だけを検出すればよい。標的の熱画像における温度変化は、例えば標的の熱画像全域の平均温度と熱画像の各画素の温度とを比較することにより容易に検

出できる。先に述べたように、従来の射撃自動採点装置における弾痕検出方式の一つである画像処理方式では、パターン認識が必要であった。これに対し、本発明の弾痕検出装置および射撃自動採点装置では、熱画像における画素の温度の比較だけで正確に弾痕を検出できるから、弾痕検出のための信号処理が単純であり、したがって弾痕検出が短時間で行え、ひいては弾丸発射から極く短い時間に標的画像に弾痕を表示できる。

【0015】本発明は、前述の課題を解決するために、具体的には次の手段を提供する。

【0016】 $\Phi$  拳銃、ライフル銃等の小火器の射撃訓練のための標的を撮像し、該標的の熱画像の信号を生成する赤外線カメラと、該熱画像信号を処理し、該熱画像における所定時間内の温度の上昇が所定の閾値以上である領域の内側を弾痕として検出する信号処理装置とを備える弾痕検出装置。

【0017】 $\Phi$  前記標的の少なくとも3箇所に設けられた赤外線反射シール又は点熱源でなる基準点部材と、前記標的に描かれた標的図形を予め記憶しておく記憶手段とを備え、前記信号処理装置は、前記熱画像における前記弾痕の位置に弾痕を表す符号を生成するとともに、前記熱画像における前記基準点部材の位置に基づき前記記憶手段から読み出した前記標的図形を修正し、前記赤外線カメラから見た該標的図形を修正標的図形として生成し、該修正標的図形に前記符号を重ねた弾痕表示画像を生成することを特徴とする前記 $\Phi$ に記載の弾痕検出装置。

【0018】 $\Phi$  前記標的に弾丸が命中したことを前記熱画像における温度上昇が示す時を弾丸命中時とし、また前記小火器から弾丸が発射されたことを示す発射信号の受信から推定される弾丸命中時を推定弾丸命中時とするとき、前記信号処理装置は、前記弾丸命中時または推定弾丸命中時の前記熱画像から検出した弾痕の位置の符号を記憶する手段を有し、前記弾丸命中時または推定弾丸命中時から一定の期間には該弾痕位置記憶手段に記憶した前記符号を前記修正標的図形に重ねて前記弾痕表示画像として生成することを特徴とする前記 $\Phi$ に記載の弾痕検出装置。

【0019】 $\Phi$  前記小火器における弾丸の発射により該小火器に生ずる衝撃波を検出する衝撃センサーと、該衝撃センサーの出力を電波で送信する送信機と、該電波を受信する受信機と、該受信機の出力を前記発射信号として前記信号処理装置へ導く信号伝送路とを備えることを特徴とする前記 $\Phi$ に記載の弾痕検出装置。

【0020】 $\Phi$  前記 $\Phi$ 乃至 $\Phi$ に記載の弾痕検出装置と、この弾痕検出装置で生成される弾痕表示画像を表示する表示装置とを備え、前記弾痕検出装置における前記信号処理装置は、前記修正標的図形と前記弾痕位置とから各弾痕毎に射撃点を計算し、一連の射撃でなる射撃訓練メニューにおける前記射撃点の累計から該射撃訓練メニ

ューの射撃成績を算出し、前記弾痕表示画像に該射撃成績を重ねて前記表示装置に供給し、前記表示装置は前記射撃成績の重ねられた前記弾痕表示画像を表示することを特徴とする射撃自動採点装置。

【0021】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の好適な一実施の形態である射撃自動採点装置を示す概念図である。この射撃自動採点装置は赤外線カメラ1、プロセッサ2、9、モニタ装置5、6、マイクロフォン20、接続ケーブル3、7、21からなっている。符号4は標的、符号8はプロセッサ9を作動させるプログラムを記録したフロッピーディスク、符号9aはプロセッサ9へ接続されたキーボード、符号10は射撃手をそれぞれ示す。プロセッサ2及びモニタ装置5でノートブックパソコンと通称されるコンピュータをなし、プロセッサ9及びモニタ装置6並びにキーボード9aでデスクトップパソコンと通称されるコンピュータをなしている。プロセッサ2には、命令やデータを入力するためのキーボードが備えてある。図1では図示が省略されているが、射撃手10が標的4の標的図形を容易に視認できる程度の明るさに標的4を照明する照明装置が設けられている。

【0022】接続ケーブル3は赤外線カメラ1の出力の熱画像信号をプロセッサ2へ導き、接続ケーブル7はプロセッサ2の出力をプロセッサ9へ導く。また、接続ケーブル21はマイクロフォン20から出力される音声信号をプロセッサ2へ導く。プロセッサ2及びモニタ装置5は、プロセッサ2に内蔵された電池を電源とし、プロセッサ9及びモニタ装置6は商用電源20から電力ケーブルを介して電力を受ける。フロッピーディスク8に記録されたプログラムはプロセッサ9へインストールされている。キーボード9aは、データや命令をプロセッサ9へ入力するのに用いられる。

【0023】標的4は紙に同心円の標的図形を4箇印刷してなる。図1ではそれら4つの同心円の標的図形の最も外の円だけが示してある。赤外線カメラ1は、標的4に焦点を合わせて、標的4から前方4メートルの距離に設置されている。赤外線カメラ1の光軸は水平よりやや上方を向いている。射撃手10は、標的4から10メートルの距離にある射座に立ち、拳銃を所持し、標的4の内の1つの標的図形の中心に拳銃の照準を合わせて、標的4のその標的図形を将に射撃しようとする姿勢をとっている。図1では全体の構成を見やすくするために、射撃手10は斜めから標的4を狙っている如くに図示されているが、実際は赤外線カメラ1の後方において、標的4を正面から狙っている。

【0024】標的4は空気に晒されているので、標的4の温度は一樣に空気の温度である。標的4が日光に照らされていても、やはりその温度は全面でほぼ一樣である。したがって、標的4は射撃されるまでは全面において環境温度に安定化していると言える。標的4の四隅に

は基準点部材となる反射シールが貼られている。

【0025】いま、射撃手10が標的4の標的図形に照準を合わせて引き金を引き、1発の弾丸を発射し、その弾丸が標的4を貫通したとする。弾丸が標的4を貫通すると、弾丸の径とほぼ同じ径の円形の穴が標的4に形成される。この円形の貫通穴を弾痕と一般に称する。標的4における貫通穴の周縁の領域をここでは説明の便宜上貫通部と呼ぶことにする。

【0026】弾丸は銃腔を通過する際に銃線条との摩擦により加熱されるので、弾丸が紙製の標的4を貫通する際には弾丸の熱が標的4の貫通部に伝導し、貫通部の温度を上昇させる。また、弾丸が紙製の標的4を貫通する際には弾丸と標的4との間に摩擦が生じ、この摩擦により貫通部の温度をやはり上昇させる。このような伝導と摩擦とにより標的4の貫通部の温度は僅かではあるが上昇する。

【0027】赤外線カメラ1の温度センサには、測定対象物(標的4)から放射された赤外線と、赤外線カメラ1の光学系の筐体から放射された赤外線とが入射する。そこで、赤外線カメラ1が検出する測定対象物4の温度は、その検出原理から、赤外線カメラ1の筐体の温度を基準とする温度となる。赤外線カメラ1で検出できる温度分解能は、環境温度を基準とした摂氏0.2度程度の温度変化である。

【0028】その赤外線カメラ1が標的4を撮像し、標的4の熱画像信号を生成し、接続ケーブル3へ出力する。熱画像は、測定対象物を画素に分け、画素ごとの温度でもって測定対象物の温度分布を表す画像である。熱画像信号は画素ごとの温度データの信号であり、画素は画面のフレームにおけるアドレスで表され、温度はそのアドレス毎のデータとして表現される。したがって、熱画像信号は、画素のアドレスと、このアドレスに対応した温度データでなる。赤外線カメラ1の温度分解能が摂氏0.2度程度であるから、この温度データは標的4の温度変化を摂氏0.2度程度の精度で表す。

【0029】前述のとおり、標的4の四隅には反射シールが貼られ、標的4は照明装置で照明されている。この照明装置は、反射シールで反射された照明光を赤外線カメラ1の光学系に入射させる方向から標的を照明する。反射シールは入射照明光のほとんど全てを反射するので、すなわち反射シールの放射率は小さいので、反射シールで反射された照明光を受ける赤外線カメラ1は照明装置の光源の温度を反射シールの温度として検知する。そこで、赤外線カメラ1から出力される熱画像信号で表される熱画像では、弾丸の貫通により環境温度より温度が上昇している貫通部の像と、標的4の四隅に貼られた反射シールの像とが明瞭に現れている。後に詳しく述べるように、反射シールの像は、赤外線カメラ1から見た標的図形(修正標的図形)を生成するための基準点として用いられる。

【0030】標的4に印刷されている標的図形の温度は環境温度であるから、標的図形を赤外線カメラ1で検知することは難しく、その出力信号で表される熱画像には標的図形の像はほとんど現れず、現れても極く不明瞭な像となる。白色の紙に標的図形を黒色インクで印刷した標的では、標的図形の領域の放射率が白色の紙面の領域の放射率より高いので、標的の熱画像に標的図形が薄く現れることがある。

【0031】マイクロフォン20は、射撃手10が銃の引き金を引き、銃弾を発射したときに生じる発射音を受け、電気信号に変換し、発射音の電気信号である発射音信号をプロセッサ2へ送る。プロセッサ2は、その発射音信号をトリガ信号として受信し、トリガ信号の受信から1秒という短時間だけ熱画像信号の入力ゲートを開き、赤外線カメラの出力の熱画像信号を接続ケーブル3から取り込む。熱画像信号の入力ゲートをトリガ信号の受信時から短時間だけ開くことにより、熱画像信号に含まれるホットスポット(熱画像において、周辺の領域より急激に温度が高くなっている狭い面積の領域)が弾丸の通過による貫通部であると、確実に認定できる。このように、弾丸発射音をトリガ信号として、一定期間だけを貫通部検知期間とすることにより、弾丸の貫通によるホットスポット以外の原因で熱画像信号に現れる温度上昇(即ち雑音)を貫通部の温度上昇と誤認することを排除でき、貫通部の検出の確実性を増大できる。

【0032】プロセッサ2は、弾痕検知プログラム及び採点プログラムを内部のメモリへ予め記憶している。弾痕検知プログラムは、入力ゲートが開いている期間に赤外線カメラ1からの熱画像信号を受信すると、熱画像信号において所定の閾値を越えた温度変化の画素のアドレスを検知し、該アドレスの画素の集まりが近似的な円環または円形をなすとき、その円環または円形を貫通部とみなし、その円環または円形の重心を算出し、その重心のアドレスを弾痕の中心、すなわち命中点として認識する。

【0033】図3は、モニタ装置5の画面に表示した標的の熱画像の一例を示し、その画面を光学写真機で撮影した図面代用写真である。本図において、中央部に白く輝く部分が弾痕を示す温度上昇領域であり、その周辺においてぼんやりとやや明るく薄い青色に写っている円形領域(写真における円の径は約38ミリメートル)が標的図形の中心部、その外側には2本の同心円の標的図形がやはりぼんやりと薄い青色に写っている。

【0034】ただし、図1の実施の形態では、図3に示すような熱画像をそのままモニタ装置5、6に表示するのではなく、弾痕の重心を命中点として認識すると、その命中点のアドレスを表す命中点符号を生成し、後述の修正標的図形に重ねて、その命中点符号(例えば、図2に符号14で表す符号)をモニタ装置5、6に表示する。

【0035】このような弾痕検出では、複雑なプログラムの実行を要しないので、弾痕の検出を極く短時間に行うことができる。例えば、現在大量に個人向けに販売されているパーソナルコンピュータでプロセッサ2及びモニタ装置5を構成した場合に、弾丸が標的4を貫通してから0.1秒以内に弾痕を検出し、モニタ装置5に表示することは、容易である。

【0036】一方、採点プログラムは、射撃手10が射撃をするのに先立って、赤外線カメラ1から入力される熱画像信号を受け、その熱画像信号で表されている標的4の四隅の反射シールを基準点として検知し、それら四つの基準点から定まる修正標的図形を生成し、モニタ装置5へ表示する。そのためにプロセッサ2は次のような処理をする。なお、プロセッサ2のキーボードから採点開始を手動で命令するまでは、プロセッサ2は熱画像信号の入力ゲートを常に開いている。

【0037】プロセッサ2は、キーボードを備えており、複数の射撃訓練メニューそれぞれに応じて定まる標的図形の基本パターンを予め記憶しているハードディスク及び今射撃手10の訓練のために実行しようとする特定の訓練メニュー（予めハードディスクに記憶している複数の訓練メニューの内の1つ）のコード等はそのキーボードから手動で入力される。プロセッサ2は、キーボードから射撃訓練メニューのコードが入力されると、その射撃訓練メニューに対応した基本パターンの標的図形をハードディスクから読み出す。そして、プロセッサ2は、熱画像における4つの反射シールの位置データから定まる標的において、今読み出した基本パターンの標的図形の中心が占めるべき位置及びその標的図形のサイズ並びに赤外線カメラ1が斜めから標的4を見ることにより標的図形の像に生ずべき変形を計算し、モニタ装置5へ表示すべき修正標的図形を生成する。

【0038】採点プログラムは、弾痕検出プログラムで検知した弾痕が修正標的図形におけるどの得点ゾーンに属するかを判定し、弾痕ごとの採点をし、その弾痕の得点をモニタ装置5へ表示する。図2は、図1の射撃自動採点装置のモニタ装置5の画面表示を示す図である。ただし、図1では標的4に4つの同心円の標的図形が印刷されており、それら4つの標的図形がモニタ装置5、6に表示されているのに対し、図2は画面に1つの標的図形だけが表示されている例を示している。標的には各種のものがあり、射撃訓練モードに応じて、それらの各種の標的図形の内から任意のものが選択して使用される。

【0039】図2のモニタ装置5の画面（表示面外縁51で囲まれた領域）には、修正標的図形である標的映像13、及び弾痕の位置を示す弾丸通過位置の表示（弾痕位置符号）14が表示される。更に、モニタ装置5の画面には、訓練モード表示欄11及び得点表示欄12が表示される。訓練モード表示欄11には、実施可能な訓練モードを9つの枠に淡い色彩で表示し、そのうちで現在

実施している訓練モードがあるときはその訓練モードを赤色に変えて表示する。図2では、現在実施している訓練モードは左から3番目の枠に表示されている。得点表示欄12には5つの枠があり、弾丸発射の度にその弾丸の得点が左側の枠から順番に記入される。採点は、各弾丸の発射の都度、一連の弾丸発射（例えば1秒以内の間隔で発射される5発の弾丸の発射）でなる1つの訓練メニュー、或は複数の訓練メニューの総合についてなされる。採点の結果である射撃成績は、プロセッサ2に内蔵のハードディスクに記録され、必要に応じてハードディスクから読み出してプリンタ（図示せず）で紙に印刷される。

【0040】プロセッサ9もプロセッサ2と同様なプログラムで作動する。プロセッサ9には、プロセッサ2で加工されたデータ又は赤外線カメラ1の出力そのままが接続ケーブル7を経由して供給される。プロセッサ2は射撃手10の脇に設置され、プロセッサ9及びモニタ装置6は射撃指導者や射撃競技会の運営本部などに設置される。

【0041】射撃手10は、モニタ装置5の画面を見ることができるので、弾丸発射の都度に、照準点（標的図形の中心）と命中点とを視認し、自己の照準の癖を発見でき、射撃の成績を確認できるので、射撃をしながら照準や射撃姿勢を修正して射撃の技能を効率的に向上できる。この発明の実施の形態の弾痕検出装置および射撃自動採点装置では、弾痕の位置検出において、標的4における弾丸貫通部の温度上昇という標的における特有の現象を巧みに利用し、光学画像では決して識別できないような弾痕も検出できる。例えば、先の弾丸で形成された弾痕に重なって次の弾丸が貫通したような場合にも、後の弾丸も先の弾丸の弾痕の縁に僅かには触れるので、その縁の温度が上昇し、赤外線カメラ1の熱画像信号に温度変化として現れ、先の弾痕とは別の新たな弾痕として認識できる。

【0042】なお、実施の形態ではマイクロフォン20で弾丸の発射音を検知し、この発射音をトリガーとして標的4における弾痕の検知をしたが、標的上の弾痕の検知は必ずしも発射音のトリガーで起動されなくても可能であり、たとえば手動でプロセッサ2に弾痕の検知を命令した時から後は一定時間に渡って連続的に標的の熱画像を監視するようにし、熱画像にホットスポットが現れる度にそのホットスポットを弾痕として認識し、モニタ装置5に表示し、採点をするようにしても本発明は実現できる。

【0043】図1の実施の形態では、マイクロフォン20で弾丸の発射を検知し、マイクロフォン20の出力の発射音信号をトリガ信号とし、トリガ信号の受信から1秒だけプロセッサ2における熱画像信号用の入力ゲートを開き、その間だけに熱画像信号がプロセッサ2へ入力されるようにし、弾丸が標的4を貫通している時だけの

赤外線熱画像をプロセッサ2に導き、弾丸の貫通以外の原因で標的4に温度変化が例えあっても、弾丸の貫通により弾痕が形成されたとプロセッサ2が誤認するのを防いでいる。

【0044】本発明では、発射音で起動するトリガ信号ではなく、弾丸が標的4を貫通した時に起動するトリガ信号を利用して、このトリガ信号の受信から一定期間はトリガ信号受信時の弾痕位置符号を継続してモニタ装置5に表示するようにし、その一定期間には弾痕位置符号の更新を行わないこともある。

【0045】弾丸が標的4を貫通し、標的4における貫通部の温度が一旦は上昇しても急激に元の環境温度に戻る。そこで、風が強い時や冬期の如く、貫通部の温度が一旦上昇してから、赤外線カメラ1で変化を検知できる最低の温度（環境温度より赤外線カメラ1の温度分解能の温度だけ高い温度）まで低下する時間が余りに短いと、射撃手10がモニタ装置5の画面を見るまでに弾痕位置符号が消えてしまう虞がある。このようなときには、一つの弾痕を検出して、弾痕位置符号を生成したら、その検出から一定期間にはその弾痕位置符号を表示し続けることにより、射撃手10に弾丸発射の度にモニタ装置5で弾痕を視認する機会を確実に与えることができる。

【0046】標的4における弾丸貫通時の検出は、弾痕を検出するときと同様に、赤外線カメラ1の出力の熱画像信号をプロセッサ2で監視し、その熱画像信号が表す温度が所定の閾値を越えた時点を弾丸貫通時とし、弾痕位置符号の一定期間保持を命ずるトリガ信号をその時に生成すればよい。

【0047】また、射撃手10が把持する小火器に、衝撃センサとこの衝撃センサの出力を電波に変換して送信する送信機とを取り付け、プロセッサ2自体またはプロセッサ2の近傍に受信機を設置し、受信機の出力をプロセッサ2へ導き、弾丸発射の際に生じる衝撃波をトリガ信号としてプロセッサ2へ供給し、弾丸が標的4を貫通する時間をプロセッサ2で推定し、プロセッサ2で推定した弾丸貫通時を、熱画像信号の監視で検知した前述の弾丸貫通時と同様に扱うこともできる。

【0048】なお、以上に本発明の実施の形態の射撃自動採点装置を挙げ、本発明を具体的に詳しく説明したが、本発明はこの実施の形態に限られるものではない。たとえば、図1および図2を参照して説明した本発明の実施の形態の射撃自動採点装置では、標的4の材料を紙としたが、本発明を適用する標的の材料は紙に限られず、プラスチック等でも差し支えなく、どんな材料でも弾丸が貫通するときには貫通部の温度が上昇するので、本発明を適用して弾痕の検出をすることが可能である。ただし、標的4は熱容量の小さい材料で形成することが必要である。厚い金属などの熱容量の大きい材料で標的4を構成すると、弾丸が射込まれた点の熱が次の弾丸の

命中時まで残り、相次いで形成された弾痕の区別が困難になることもある。

【0049】図1の実施の形態では、標的4の四隅に反射シールを貼って標的4の基準点としたが、反射シールに代えて点熱源を四隅に取り付け、これら点熱源を標的4の基準点としても差し支えない。また、標的4には必ずしも4箇所に基準点を設ける必要はなく、標的4の少なくとも3箇所に基準点を設ければ、プロセッサ2に予め記憶されている標的図形を採点プログラムで修正し、修正標的図形を得ることができる。基準点の位置は互いにできるだけ離れていることが、標的図形を正しく修正し、赤外線カメラ1で標的4の標的図形を見たものに正しく一致する修正標的図形を得る上で好ましい。

【0050】前述の実施の形態では、プロセッサ2及びモニタ装置5並びにプロセッサ9及びモニタ装置6は汎用のパーソナルコンピュータで実現できるとしたが、これらに代えて赤外線熱画像信号の処理用に開発された専用のプロセッサ（例えば、本願出願人の一方である日本アビオニクス株式会社で“TVS-8000”なる型式番号，“ファインサーモ”なる名称で製造販売されている熱画像装置に搭載されている熱画像処理専用プロセッサ、或は同社で“TVS-600”なる型式番号，“ネオサーモ”なる名称で製造販売されている熱画像装置に搭載されている汎用画像処理プロセッサをプロセッサ2、9に用いれば、信号処理速度を一層向上できる。

【0051】

【発明の効果】以上に本発明の実施の形態を挙げ詳しく説明したように、本発明によれば、次のような効果のある弾痕検出装置および射撃自動採点装置が得られる。

【0052】1. 赤外線カメラで弾痕の検出をすることから、標的の設置場所が屋内であるか或は屋外であるかを問わず、標的表面の照度の均一性を問わず、標的の材質の種類を問わず、また標的の傷、弾丸痕跡の有無に拘らず、弾痕を確実に迅速に検出でき、射撃成績を高い精度で自動的に採点できる。

【0053】2. このような弾痕検出の迅速性により、弾痕および得点の表示がリアルタイムに行え、弾丸発射の度に照準の癖を修正する機会を射撃手に与える。従来の画像処理方式の射撃自動採点装置による弾痕検出では、弾丸発射から弾痕検出及び弾痕の表示までの時間は射撃手が心理的に待ち遠しさを感じる程度の長さになり、この弾痕検出時間の長さは、射撃訓練の進行において射撃手に違和感を感じさせるほどであった。このような射撃手に与える心理的負担は本発明の装置では解消される。

【0054】3. 標的に接触することなく弾痕を検出する、いわゆる非接触のリモートセンシングする方式であり、多数の弾丸を1つの標的に受けても誤りなく弾痕を検出できるから、装置としての寿命が長く安定しており、また長時間連続して射撃する訓練が可能である。



【0055】4. 赤外線カメラ1台だけで弾痕を検知するから、複数センサを必要とする他方式に比べ、センサ自体の精度やセンサの取付位置のばらつきの影響を受け難く、高精度の採点が可能である。

【0056】本願発明では弾丸を発射する火器がライフル銃などの小火器であって、標的も鋼板ではなく紙など薄いものであり、弾丸の貫通により上昇する標的の温度は、赤外線カメラの分解能よりは高い程度の僅かであり、標的が薄いから一旦上昇した貫通部の温度も直に環境温度に戻り、前の射撃で生じた貫通部の温度により後の貫通部の温度が影響されたり、先に生じた隣の貫通部の熱が新たな貫通部にまで伝導して二つの貫通部の境界が不明瞭になったりすることはなく、本発明の弾痕検出装置では十分に実用に供し得る程度の正確さで弾痕位置を検出でき、この弾痕検出装置で検出した弾痕の位置に基づき射撃の採点をする射撃自動採点装置によればやはり実用に供し得る程度の正確さで射撃の採点をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の射撃自動採点装置の好適な実施の形態を示す概念図である。

【図2】図1のモニタ装置5における画面表示の例を示す図である。

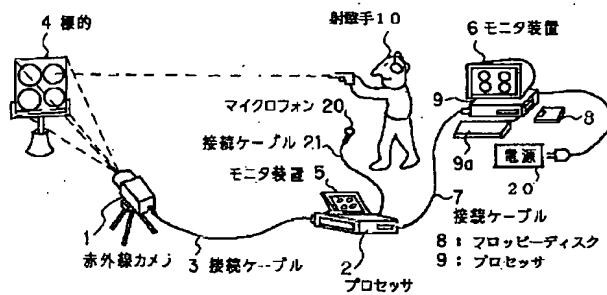
す図である。

【図3】図1の装置において、標的4を1発の弾丸で射撃した直後におけるモニタ装置5の画面を光学写真機で撮影して得た写真（図面代用写真）である。

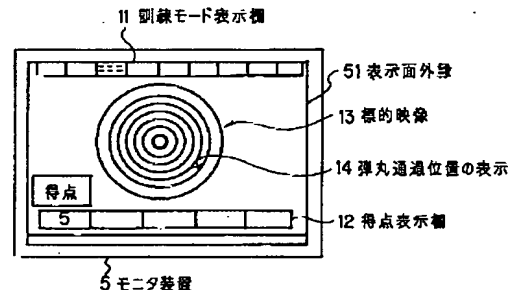
【符号の説明】

- 1 . . . . . 赤外線カメラ
- 2 . . . . . プロセッサ
- 3 . . . . . 接続ケーブル
- 4 . . . . . 標的
- 5 . . . . . モニタ装置
- 6 . . . . . モニタ装置
- 7 . . . . . 接続ケーブル
- 8 . . . . . プログラムを記録したフロッピーディスク
- 9 . . . . . プロセッサ
- 9a . . . . . キーボード
- 10 . . . . . 射撃手
- 11 . . . . . 訓練モード表示欄
- 12 . . . . . 得点表示欄
- 13 . . . . . 標的映像
- 14 . . . . . 弾丸通過位置（命中点）の表示
- 20 . . . . . 電源

【図1】

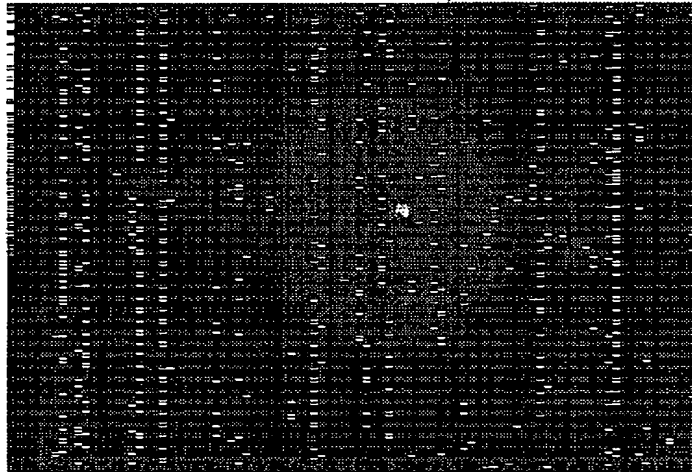


【図2】



【図3】

図面代用写真(カラー)



---

フロントページの続き

(72)発明者 藤本 博史

東京都港区西新橋三丁目20番1号 日本ア  
ビオニクス株式会社内